ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2012)

6ο Συνέδριο Διδακτική της Πληροφορικής

PROTEAS (PROgramming TangiblE Activity System): Τεχνολογικό σύστημα απτού και εικονικού προγραμματισμού για παιδιά

Θ. Σαπουνίδης, Σ. Δημητριάδης

Βιβλιογραφική αναφορά:

Σαπουνίδης Θ., & Δημητριάδης Σ. (2022). PROTEAS (PROgramming TangiblE Activity System): Τεχνολογικό σύστημα απτού και εικονικού προγραμματισμού για παιδιά. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 135–145. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/4434

PROTEAS (PROgramming TangiblE Activity System): Τεχνολογικό σύστημα απτού και εικονικού προγραμματισμού για παιδιά

Θ. Σαπουνίδης, Σ. Δημητριάδης

Τμήμα Πληροφορικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
{teo, sdemetri}@auth.gr

Περίληψη

Αυτό το άρθρο παρουσιάζει το σύστημα PROTEAS το οποίο αποτελείται από δύο υποσυστήματα απτού (Tangible) και ένα υποσύστημα εικονικού (Virtual) προγραμματισμού. Το PROTEAS Kit, έχει σχεδιαστεί με στόχο να επιτρέψει εισαγωγικές δραστηριότητες προγραμματισμού για παιδιά και αρχάριους χρήστες. Στο άρθρο παρουσιάζονται τα τρία υποσυστήματα του PROTEAS Kit: (α) το υποσύστημα T_Butterfly με το οποίο ο χρήστης μπορεί, χρησιμοποιώντας διεπαφή απτού προγραμματισμού να προγραμματίσει τη διαδρομή μιας πεταλούδας σε έναν εικονικό λαβύρινθο. (β) Το υποσύστημα T_ProRob με το οποίο ο χρήστης μπορεί, χρησιμοποιώντας μια πλήρη συλλογή απτών εντολών να προγραμματίσει ένα Lego NXT ρομπότ. (γ) Το υποσύστημα V_ProRob το οποίο είναι το εικονικό (virtual) ισοδύναμο το T_ProRob. Η παρουσίαση δίνει έμφαση σε μια σειρά από καινοτομίες και χαρακτηριστικά που εισάγει το PROTEAS Kit, στον χώρο των απτών διεπαφών χρήστη.

Λέξεις κλειδιά: *Απτές διεπαφές, εισαγωγικός προγραμματισμός, διδακτική προγραμματισμού.*

Abstract

This paper presents the PROTEAS Kit which consists of two tangible and a virtual introductory programming tools. The PROTEAS Kit has been designed to make programming concepts more accessible to novice programmers of all ages. In this paper we present the PROTEAS kit subsystems and analyze their functionality in short. The first subsystem called T_Butterfly enables the user to program the movement of a virtual butterfly in a maze, using tangible smart cubes. The second subsystem called T_ProRob, consists of a complete set of tangible commands in the form of connectable cubes. The user can program the behavior of a Lego NXT robot by interconnecting the cubes. The third subsystem called V_ProRob is the virtual equivalent of T_ProRob. Additionally, the paper emphasizes the innovative features introduced by the PROTEAS kit design, regarding the functionality of tangible interfaces.

Keywords: *Tangible user interfaces, introductory programming, didactics of programming.*

1. Εισαγωγή

Η εργασία της Radian Perlman, ερευνήτριας του MIT, οδήγησε στις αρχές της δεκαετίας του 70 σε αυτό που σήμερα ονομάζουμε «απτός» προγραμματισμός (Tangible Programming). Η Perlman είχε διαπιστώσει ότι τα παιδιά, τα οποία

προσπαθούσε να εκπαιδεύσει δεν μπορούσαν να προγραμματίσουν με τον παραδοσιακό τρόπο, πληκτρολογώντας εντολές Logo σε υπολογιστή με το κλασικό πληκτρολόγιο (Cockburn & Bryant, 1997). Το πρόβλημα που αντιμετώπιζαν τα παιδιά είχε να κάνει με την ίδια τη διεπαφή και όχι με τον κώδικα. Οι προσπάθειές της τότε επικεντρώθηκαν στην αλλαγή της διεπαφής, προκειμένου ακόμα και παιδιά προσχολικής ηλικίας να μπορούν να προγραμματίσουν τη χελώνα χρησιμοποιώντας εντολές Logo. Η σχεδιαστική της προσπάθεια οδήγησε στην πρώτη απτή διεπαφή το Tortis Slot machine (Kelleher & Pausch, 2005).

Από τότε πέρασαν τουλάχιστον 20 χρόνια μέχρι που το 1997 οι Ishii και Ullmer, (Ishii & Ullmer, 1997) έβαλαν τα θεμέλια για την έρευνα στις απτές διεπαφές χρήστη (Tangible User Interfaces) και δημιουργήθηκαν οι ευκαιρίες για εφαρμογές σε σχολικές τάξεις (Itoh et al., 2004). Μια ερευνητική περιοχή που επωφελήθηκε από τις απτές διεπαφές χρήστη είναι αυτή του απτού προγραμματισμού που αξιοποιείται κυρίως στην εκπαίδευση παιδιών και αρχαρίων χρηστών (Blackwell, 2003). Το χαρακτηριστικό των προγραμμάτων απτού προγραμματισμού είναι ότι οι χρήστες χρησιμοποιούν, προκειμένου να προγραμματίσουν, αντικείμενα του φυσικού κόσμου αντί για γραπτές εντολές ή εικονικά αντικείμενα στην οθόνη κάποιου υπολογιστή (Wyeth & Purchase, 2002a; Smith, 2009; Horn et al., 2009). Τα συστήματα που παρουσιάστηκαν κατά καιρούς και είχαν σαν σκοπό τον προγραμματισμό μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τα *ενεργά* (active) συστήματα και τα *παθητικά* (passive). Στα ενεργά συστήματα εντάσσονται τα συστήματα τα οποία μέσα τους ενσωματώνουν ηλεκτρονικά κυκλώματα (πχ. Suzuki & Kato, 1993), ενώ τα παθητικά είναι συστήματα τα οποία βασίζονται κυρίως για τη λειτουργία τους σε αναγνώριση εικόνας (πχ. Horn, 2009). Παρά τις διάφορες σχεδιαστικές προσπάθειες, φαίνεται ότι δεν έχουν αποδειχθεί με σαφήνεια τα προτερήματα ενός απτού συστήματος κατά την υποστήριξη της εκπαιδευτικής διαδικασίας στο πραγματικό περιβάλλον μιας τάξης (Marshall, 2007; Xu, 2007). Δεν έχουν καν προσδιοριστεί οι ιδιότητες εκείνες των απτών διεπαφών χρήστη οι οποίες προσθέτουν αξία σε αυτά τα συστήματα (Zaman et al., 2009; Antle, 2007b; Price, 2008).

2. Το σύστημα PROTEAS

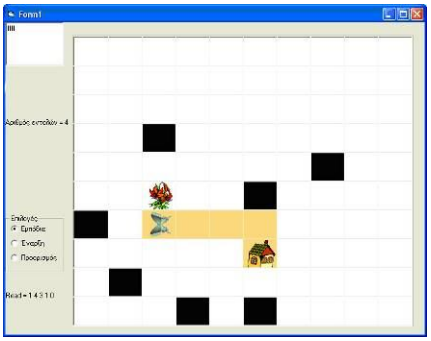
Θέλοντας να συμβάλουμε στη καινοτομία της σχεδίασης των απτών γλωσσών προγραμματισμού χρησιμοποιήσαμε μικροελεγκτές και ταυτόχρονα ενσωματώσαμε στα συστήματα μας ιδιότητες οι οποίες δεν έχουν αξιοποιηθεί ποτέ το παρελθόν. Η ενσωμάτωση ιδιοτήτων όπως βάρος, σχήμα, διάδραση με τον χρήστη πάνω στη διεπαφή κ.λπ. συμβάλει δραστικά στον διάλογο σχετικά με το ποιες ιδιότητες των απτών διεπαφών είναι αυτές που μπορούν να ενσωματωθούν και πιθανώς να εξασφαλίζουν προτερήματα σε ένα απτό σύστημα εκμάθησης προγραμματιστικών εννοιών (Manches et al., 2010; Xie et al., 2008).

Με τη χρήση του υποσυστήματος T_Butterfly οι χρήστες προγραμματίζουν προκειμένου να οδηγήσουν μια πεταλούδα σε έναν εικονικό λαβύρινθο. Ενώ με τη χρήση του συστήματος T_ ProRob και V_ProRob οι χρήστες προγραμματίζουν ένα Lego NXT ρομπότ. Τα T_Butterfly και T_ ProRob είναι ενεργές απτές γλώσσες προγραμματισμού και διαθέτουν απτά κουτιά - εντολές με τη χρήση των οποίων οι αρχάριοι χρήστες, ηλικίας από 4 χρονών και πάνω μπορούν να προγραμματίσουν (Zuckerman et al., 2005; Wyeth & Purchase, 2002a). Σε κάθε περίπτωση οι χρήστες δεν γράφουν εντολές ούτε χρησιμοποιήσουν το πληκτρολόγιο ή το ποντίκι, με το οποίο δεν χρειάζεται καν να εξοικειωθούν προσθέτοντας επιπλέον γνωστικό φορτίο (McNerney, 2001).

2.1 T_Butterfly

Το υποσύστημα T_Butterfly είναι η πρώτη απτή γλώσσα προγραμματισμού που ενσωματώθηκε στο σύστημα PROTEAS, η οποία αποσκοπεί μέσα από την απλότητα της να δώσει σε μικρά παιδιά την ευκαιρία να κάνουν τα πρώτα τους βήματα στον προγραμματισμό (Antle, 2007a; Marshall, 2007). Η έκδοση αυτή του συστήματος περιλαμβάνει κύβους εντολές διαστάσεων 8,5cm x 2cm και 5cm x 5cm. Ο χρήστης συνδέει τους κύβους εντολές πάνω σε μια βάση (κουτί πατέρας) και με το πάτημα ενός κουμπιού βλέπει στην οθόνη μια πεταλούδα να 'πετάει' ακολουθώντας τις εντολές. Η πεταλούδα ξεκινάει πάντα τις πτήσεις της από το σημείο εκκίνησης, το σπιτάκι της, με στόχο να φτάσει σε ένα λουλούδι. Η σύνδεση της βάσης (κουτί πατέρας) με τον υπολογιστή γίνεται με ένα καλώδιο RS232. Σε ό,τι αφορά τη μεταφορά των δεδομένων μεταξύ των κουτιών - εντολών γίνεται μόνο από το ένα στο άλλο χωρίς την ύπαρξη κάποιου κοινού διαύλου (data bus) που τα συνδέει. Αξίζει να σημειωθεί ότι την ίδια χρονική στιγμή πολλά κουτιά μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους. Η κατασκευή των κουτιών εντολών βασίστηκε σε έναν χαμηλού κόστους μικροελεγκτή τον 16F628 της Microchip και έναν εξίσου χαμηλού κόστους υποδοχέα σύνδεσης.

Εικόνα 1



Εικόνα 2

Στην Εικόνα 1 που ακολουθεί βλέπουμε τη δημιουργία ενός προγράμματος που αποτελείται από τέσσερις εντολές. Η αλληλουχία των εντολών είναι ένα βήμα εμπρός, στροφή αριστερά, ένα βήμα προς τα εμπρός, ένα διπλό βήμα εμπρός. Ο χρήστης αυτό που θα δει στην οθόνη του είναι αυτό που φαίνεται στην Εικόνα 2. Οι ιδιαιτερότητες αυτού του συστήματος μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Το υποσύστημα είναι μια ενεργή απτή γλώσσα προγραμματισμού όπου τα κουτιά εντολές έχουν ενσωματωμένη ευφυΐα.
- Το σχήμα που διαμορφώνεται στο πραγματικό περιβάλλον από τα κουτάκια, τα οποία ο χρήστης κουμπώνει το ένα με το άλλο είναι όμοιο με τη διαδρομή που θα επακολουθήσει η πεταλούδα προκειμένου να φτάσει στον στόχο της.
- Επειδή οι μικροελεγκτές των κουτιών – εντολών επικοινωνούν, κάθε χρονική στιγμή, μόνο με τα δυο γειτονικά κουτιά δεν υπάρχει περιορισμός ως προς τον αριθμό των εντολών που μπορούν να συνδεθούν.
- Οι διαστάσεις των εντολών είναι κατάλληλες για την παλάμη ενός μικρού παιδιού (Orit et al., 2009).
- Μπορεί να αξιοποιηθεί εύκολα στον πραγματικό εκπαιδευτικό χώρο μιας τάξης.
- Ο εκπαιδευτής μπορεί πολύ εύκολα να φτιάξει τον λαβύρινθο με απλά κλικ.
- Δεν απαιτούνται μπαταρίες περιορίζοντας την αυτονομία του συστήματος.

2.2 T_ ProRob

Το υποσύστημα T_ ProRob αποτελείται από 28 κύβους εντολών και 16 μικρότερους κύβους παραμέτρων. Οι χρήστες αυτού του συστήματος μπορούν να διατάξουν τους κύβους – εντολές και με το πάτημα ενός και μόνο κουμπιού να προγραμματίσουν το NXT να εκτελέσει την αλληλουχία των εντολών που έχει σχηματιστεί από τους κύβους. Ένα ενδεικτικό πρόγραμμα φαίνεται στην Εικόνα 3.

Εικόνα 3

Σε αυτό το πρόγραμμα το NXT ρομπότ της Lego θα εκτελέσει τρεις φορές την αλληλουχία:

- 2 βήματα προς τα εμπρός,
- delay,
- θα βγάλει ένα ήχο.

Μετά το πέρας της ρουτίνας επανάληψης το ρομπότ θα κάνει έλεγχο με τον αισθητήρα φωτός και αν υπάρχει φως θα κάνει άλλο ένα βήμα προς τα εμπρός.

Οι ενέργειες που μπορεί να κάνει ο χρήστης είναι από πολύ απλές όπως άναψε το φως, βγάλε ήχο, κάνε ένα βήμα εμπρός – πίσω στρίψε δεξιά – αριστερά. Το σύστημα επιπλέον διαθέτει εντολές επανάληψης και ελέγχου υποστηρίζοντας ταυτόχρονα πιο πολύπλοκους συνδυασμούς όπως εμφωλιασμένες επαναλήψεις. Ένας ειδικός κύβος, στον οποίο ο χρήστης μπορεί να υποθηκεύσει και στη συνέχεια να επαναχρησιμοποιήσει τον κώδικα του, συμπληρώνει το σύνολο των εντολών. Το σύνολο των παραμέτρων του T_ProRob είναι μικρότεροι κύβοι οι οποίοι προσαρμόζονται στις εντολές αλλάζοντας τους την λειτουργία. Για παράδειγμα η εντολή κίνησης ενός βήματος εμπρός, με την προσθήκη της παραμέτρου τρία μετατρέπεται σε κίνηση τριών βημάτων προς την ίδια κατεύθυνση. Για την κατασκευή του συστήματος έχουν χρησιμοποιηθεί δυο μικροελεγκτές με υψηλές επιδόσεις, ο 18F2620 και ο 18F4550 της Microchip. Ο χρήστης συνδέει πάνω σε μια βάση (κουτί πατέρας) τις εντολές, προκειμένου να σχηματίσει το πρόγραμμα. Στη συνέχεια με το πάτημα του κουμπιού εκτέλεσης, που βρίσκεται στο κουτί πατέρας, αρχίζει η επικοινωνία με τα κουτιά - εντολές με σκοπό να αποσταλούν οι εντολές ελέγχου και ανάγνωσης του προγράμματος. Η επόμενη εργασία που αναλαμβάνει το κουτί πατέρας είναι να επικοινωνήσει με Bluetooth ή RS232 με έναν υπολογιστή ο οποίος καταγράφει σε μια βάση δεδομένων μεταξύ άλλων και στατιστικά στοιχεία

σχετικά με το πρόγραμμα που έχει δημιουργήσει ο χρήστης. Μετά την καταγραφή ο υπολογιστής στέλνει με Bluetooth το πρόγραμμα σε ένα NXT Robot προκειμένου να εκτελεστεί. Τα χαρακτηριστικά του υποσυστήματος αυτού μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Το υποσύστημα είναι μια ενεργή απτή γλώσσα προγραμματισμού όπου τα κουτιά εντολές έχουν ενσωματωμένη ευφυΐα.
- Υπάρχει ικανοποιητική συλλογή τόσο εντολών όσο και παραμέτρων (Cockburn & Bryant, 1997)
- Το σύστημα μπορεί να αποκρύψει τον υπολογιστή από τους χρήστες δεδομένου ότι οι επικοινωνίες μπορούν να γίνουν και ασύρματα.
- Ο χρήστης προγραμματίζει σε πραγματικό περιβάλλον και βλέπει το αποτέλεσμα του προγράμματος του στον ίδιο φυσικό χώρο (Patten et al., 2000).
- Το σύστημα θέτει τους κατάλληλους περιορισμούς στους χρήστες, ώστε για παράδειγμα δεν είναι δυνατόν κάποιος να συνδέσει τα κουτιά ανάποδα (Ullmer et al., 2005).
- Δεν απαιτούνται μπαταρίες για τα κουτιά και το σύστημα πράγμα που εξασφαλίζει συνεχή λειτουργία χωρίς επαναφόρτιση.
- Το μέγεθος των κουτιών είναι κατάλληλα προσαρμοσμένο στην ηλικία των παιδιών που πρόκειται να τα χρησιμοποιήσουν.
- Δεν απαιτούνται σταθερές συνθήκες λειτουργίας, ούτε οι χρήστες απαιτείται να χρησιμοποιούν κάποια συγκεκριμένη επιφάνεια για να δημιουργήσουν το πρόγραμμα τους.

2.3 V_ProRob

Ο σχεδιασμός του V_ProRob βασίστηκε στις δυνατότητες και στις ιδιαιτερότητες του T_ProRob προκειμένου να αποτελέσει ένα αξιόπιστο εικονικό ομοίωμα του. Το υποσύστημα αυτό έχει τις ίδιες εντολές – παραμέτρους με αυτές που προσφέρει το T_ProRob. Οι χρήστες προκειμένου να δημιουργήσουν ένα πρόγραμμα παίρνουν με 'Drag and Drop' τις διαθέσιμες εντολές και παραμέτρους και τις τοποθετούν στη σειρά προκειμένου να φτιάξουν την αλληλουχία των εντολών. Η αμφίδρομη επικοινωνία του υποσυστήματος με το NXT ρομπότ γίνεται με Bluetooth. Η ύπαρξη αμφίδρομης επικοινωνίας του υποσυστήματος με το ρομπότ επιτρέπει στο υποσύστημα να αλληλεπιδρά με τους χρήστες πάνω στα εικονίδια των εντολών και των παραμέτρων. Τέλος το σύστημα συνδέεται με μια βάση δεδομένων στην οποία καταγράφονται στοιχεία του προγράμματος που έχει φτιάξει ο χρήστης Εικόνα 4.

Εικόνα 4

Τα χαρακτηριστικά του υποσυστήματος αυτού μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Είναι ένα περιβάλλον προγραμματισμού μηδαμινού κόστους.
- Ο χρήστης προγραμματίζει σε virtual περιβάλλον με το ποντίκι και το αποτέλεσμα του προγραμματισμού φαίνεται στον φυσικό του χώρο.
- Δεν απαιτούνται σταθερές συνθήκες λειτουργίας άρα μπορεί εύκολα να αξιοποιηθεί στο πραγματικό περιβάλλον μιας τάξης ενός σχολείου.
- Το σύστημα θέτει τους κατάλληλους περιορισμούς στους χρήστες.
- Υπάρχει ικανοποιητική συλλογή τόσο εντολών όσο και παραμέτρων.
- Πάνω στην εικόνα κάθε εντολής ή παράμετρου ο χρήστης λαμβάνει πληροφορίες σχετικές με την κατάσταση του προγράμματος και του ρομπότ.
- Το σύστημα V_ProRob είναι ένα ισομορφικό ισοδύναμο μιας απτής γλώσσας προγραμματισμού.

2.4 Οι καινοτομίες του συστήματος PROTEAS

Με την παρουσίαση του συστήματος PROTEAS εισάγουμε, στον χώρο του απτού προγραμματισμού, καινοτομίες σε σχέση με παρόμοιες προσεγγίσεις:

- Στο υποσύστημα T_Butterfly το σχήμα που διαμορφώνεται στο πραγματικό περιβάλλον από τα command blocks είναι όμοιο με τη διαδρομή που θα επακολουθήσει η πεταλούδα, βοηθώντας έτσι τους χρήστες να αντιληφθούν τη διαδρομή που προγραμμάτισαν.
- Το υποσύστημα T_ProRob παρέχει αυξημένη διάδραση με τους χρήστες πάνω στη διεπαφή (Zuckerman et al., 2005).
    - Ο χρήστης γνωρίζει το αποτέλεσμα ενός έλεγχου του Robot με Led που βρίσκονται πάνω στη διεπαφή (True - False)

  - Ο χρήστης αναγνωρίζει σε Synchronous mode με ένδειξη πάνω στην παράμετρο, μία πιθανή λάθος σύνταξη (Kitamura et al., 2001).
  - Ο χρήστης παίρνει ένδειξη καλής λειτουργίας πάνω στα κουτιά τα οποία ακολουθούν διαδικασίες αυτοελέγχου.
- Στα υποσυστήματα T_ProRob και V_ProRob υπάρχει δυνατότητα αποθήκευσης και επαναχρησιμοποίησης του κώδικα που έχει δημιουργηθεί σε κάποια άλλη στιγμή ή από άλλους χρήστες (Wyeth & Purchase, 2002b; Frei et al., 2000).
- Στα υποσυστήματα T_ProRob και T_Butterfly ο αριθμός των εντολών που μπορεί να συνδέσει ο χρήστης δεν περιορίζεται από τις I/O του μικροϋπολογιστή που χρησιμοποιήθηκε (Orit et al., 2009).
- Στο υποσύστημα T_ProRob έχει γίνει εκμετάλλευση και άλλων φυσικών ιδιοτήτων όπως το βάρος. Για παράδειγμα η παράμετρος 4 έχει το διπλάσιο βάρος από την παράμετρο 2 (Blackwell, 2003; Manches et al., 2010).

2.4 Συμπεράσματα

Σε αυτό το άρθρο παρουσιάσαμε το σύστημα PROTEAS. Τα τρία υποσυστήματα του αν και διαφέρουν πολύ μεταξύ τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν και συμπληρωματικά, ανάλογα με την ηλικία, προκειμένου να επιτευχθεί ο κοινός στόχος που είναι να φέρουν τις έννοιες του προγραμματισμού «στα χέρια» των παιδιών και των αρχάριων χρηστών. Το ένα υποσύστημα είναι μια απτή γλώσσα προγραμματισμού και προγραμματίζει ένα virtual αντικείμενο ενώ το άλλο ένα πραγματικό ρομπότ. Και στις δύο περιπτώσεις ο χρήστης δεν χρησιμοποιεί πληκτρολόγιο και mouse αλλά φυσικούς κύβους-εντολές. Το τρίτο υποσύστημα είναι ένα εικονικό περιβάλλον προγραμματισμού ισομορφικό με ένα απτό. Παρουσιάστηκαν τέλος κάποιες πρωτοποριακές ιδιαιτερότητες που ενσωματώθηκαν στα συστήματα αυτά τροφοδοτώντας έτσι το χώρο των απτών προγραμματιστικών περιβαλλόντων με νέες σχεδιαστικές ιδέες.

2.5 Μελλοντική έρευνα

Σκοπός μας είναι να εμπλουτίσουμε τα συστήματα μας με νέες ιδιότητες και να διερευνήσουμε την αποδοτικότητα τους σε σχέση με τις ηλικίες, το φύλο και την προηγούμενη γνώση των χρηστών. Μέσα στις επιδιώξεις μας εντάσσετε ακόμα η ανάπτυξη νέων ή η χρήση των συγκεκριμένων συστημάτων σε άτομα με ειδικές ανάγκες όπως τυφλούς και άτομα με μικρά κινητικά προβλήματα. Οι διαφοροποιήσεις που θα παρατηρηθούν στο μέλλον ανάμεσα στο T_ProRob και V_ProRob μπορούν να δώσουν απαντήσεις σχετικά με το ποια μπορεί να είναι τα προτερήματα των απτών σε σχέση με τα εικονικά περιβάλλοντα προγραμματισμού. Ενδεικτικά από τη χρήση των συγκεκριμένων εργαλείων μέσα σε τάξεις θα μπορέσουμε να διαπιστώσουμε το κατά πόσο για παράδειγμα, τα συστήματα απτού προγραμματισμού μπορούν να εισάγουν ευκολότερα, σε σχέση με τα εικονικά, τα

παιδιά σε βασικές προγραμματιστικές έννοιες (Horn, 2009). Επιπρόσθετα θα μπορέσει να διερευνηθεί το κατά πόσο τα απτά συστήματα μειώνουν, σε σχέση με τα εικονικά, το ηλικιακό όριο συμμετοχής σε δραστηριότητες (Marshall, 2007).

Παράλληλα, η σύγκριση ανάμεσα στα T_ProRob και T_Butterfly μπορεί να δώσει απαντήσεις στο ποιες είναι οι ιδιότητες των απτών διεπαφών οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν μέσα σε μια εκπαιδευτική διαδικασία.

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε θερμά το Πειραματικό σχολείο του Αριστοτελείου και ειδικότερα τις κυρίες Αγγελική Μαχέρα, Αθανασία Νταή, Μαρίνα Λαγούρη και τον κύριο Δημήτριο Κορκοριάδη. Ευχαριστούμε ακόμα το ιδιωτικό Νηπιαγωγείο Ντάμπο στο Λαγκαδά Θεσσαλονίκης και ιδιαίτερα την διευθύντρια κυρία Σοφία Σχισμένου για την φιλοξενία τους κατά τη διάρκεια των πρώτων δοκιμών των συστημάτων με παιδιά. Ευχαριστούμε ακόμα τον κύριο Αριστοτέλη Καζακόπουλο για τον εξοπλισμό που μας διέθεσε στο εργαστήριο Εφαρμογών Μικροϋπολογιστών του ΑΤΕΙΘ και τέλος του κυρίους Παύλο Ζορπίδη και Παύλο Μουρατίδη για την συνεισφορά τους.

Βιβλιογραφία

Antle, A. N. (2007a). The CTI framework: informing the design of tangible systems for children. Paper presented at the *Proceedings of the 1st international Conference on Tangible and Embedded interaction,* 195-202.

Antle, A. N. (2007b). Designing Tangibles for Children: Games to Think With. Paper presented at the *Tangible Play workshop, Intelligent User Interfaces conference,* Honolulu, Hawaii, USA. 21-24.

Blackwell, A. (2003). Cognitive dimensions of tangible programming languages. Paper presented at the *Proceedings of the first joint conference of the Empirical Assessment in Software Engineering and Psychology of Programming Interest Groups,* 391-405.

Cockburn, A., & Bryant, A. (1997). Leogo: An equal opportunity user interface for programming. *Journal of Visual Languages and Computing, 8*(5-6), 601-619.

Frei, P., Su, V., Mikhak, B., & Ishii, H. (2000). curlybot: Designing a new class of computational toys. Paper presented at the *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems,* 129-136.

Horn, M. S. (2009). *Tangible computer programming: Exploring the use of emerging technology in classrooms and science museums* Tufts University.

Horn, M. S., Solovey, E. T., Crouser, R. J., & Jacob, R. J. K. (2009). Comparing the use of tangible and graphical programming languages for informal science education. Paper presented at the *Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems,* 975-984.

Ishii, H., & Ullmer, B. (1997). Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. Paper presented at the *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems,* 234-241.

Itoh, Y., Akinobu, S., Ichida, H., Watanabe, R., Kitamura, Y., & Kishino, F. (2004). TSU. MI. KI: Stimulating children's creativity and imagination with interactive blocks. Paper presented at the *Creating, Connecting and Collaborating through Computing, 2004. Proceedings. Second International Conference on,* 62-70.

Kelleher, C., & Pausch, R. (2005). Lowering the barriers to programming. *ACM Computing Surveys, 37*(2), 83-137.

Kitamura, Y., Itoh, Y., & Kishino, F. (2001). Real-time 3D interaction with ActiveCube. Paper presented at the *CHI'01 extended abstracts on Human factors in computing systems,* 355-356.

Manches, A., O'Malley, C., & Benford, S. (2010). The role of physical representations in solving number problems: A comparison of young children's use of physical and virtual materials. *Computers & Education, 54*(3), 622-640.

Marshall, P. (2007). Do tangible interfaces enhance learning? Paper presented at the *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction,* 163-170.

McNerney, T. (2001). Tangible Computation Bricks: Building-blocks for Physical Microworlds. Paper presented at the *Proceedings of CHI 2001,*

Orit, S., & Eva, H. (2009). Tangible user interfaces: Past, present, and future directions. *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction, 3*(1-2), 1-137.

Patten, J., Griffith, L., & Ishii, H. (2000). A tangible interface for controlling robotic toys. Paper presented at the *Conference on Human Factors in Computing Systems,* 277-278.

Price, S. (2008). A representation approach to conceptualizing tangible learning environments. Paper presented at the *Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and embedded interaction,* 151-158.

Smith, A. C. (2009). Simple tangible language elements for young children. Paper presented at the *Proceedings of the 8th International Conference on Interaction Design and Children,* 288-289.

Suzuki, H., & Kato, H. (1993). AlgoBlock: a tangible programming language, a tool for collaborative learning. Paper presented at the *Proceedings of 4th European Logo Conference,* 297-303.

Ullmer, B., Ishii, H., & Jacob, R. J. K. (2005). Token constraint systems for tangible interaction with digital information. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI), 12*(1), 81-118.

Wyeth, P., & Purchase, H. (2002a). Designing technology for children: Moving from the computer into the physical world with electronic blocks. *Information Technology in Childhood Education Annual, 2002*(1), 219-244.

Wyeth, P., & Purchase, H. C. (2002b). Tangible programming elements for young children. Paper presented at the *CHI'02 extended abstracts on Human factors in computing systems,* 774-775.

Xie, L., Antle, A. N., & Motamedi, N. (2008). Are tangibles more fun?: comparing children's enjoyment and engagement using physical, graphical and tangible user interfaces. Paper presented at the *Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and embedded interaction,* 191-198.

Xu, D. (2007). Design and evaluation of tangible interfaces for primary school children. Paper presented at the *Proceedings of the 6th international conference on Interaction design and children,* 209-212.

Zaman, B., Vanden Abeele, V., Markopoulos, P., & Marshall, P. (2009). Tangibles for children: the challenges. Paper presented at the *Proceedings of the 27th international conference extended abstracts on Human factors in computing systems,* 4729-4732.

Zuckerman, O., Arida, S., & Resnick, M. (2005). Extending tangible interfaces for education: digital montessori-inspired manipulatives. Paper presented at the *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems,* 859-868.